

Caractérisation et composition biochimique et nutritionnelle du *Moringa Oleifera* récolté dans le district de Bamako, Mali en 2020.**Characterization and biochemical and nutritional composition of *Moringa Oleifera* harvested in the district of Bamako, Mali in 2020.**

Coulibaly D^{1,2}, Dembélé YK³, Touré OB⁴, Iknane AA^{1,2,4}, Sanogo R^{1,2}

- 1) FAPH : Faculté de Pharmacie, Université des sciences, des techniques et technologies de Bamako. BP : 1805, Bamako, Mali
- 2) INSP : Institut National de Santé Publique, BP : 1771, Bamako, Mali
- 3) IER : Institut d'Economie Rurale, ministère de développement rural, Rue Mohamed V, BP 258, Bamako, Mali
- 4) OMS : Organisation Mondiale de la Santé, BP 99 N'Tomikorobougou, Bamako, Mali

Auteur correspondant

Dr Djénéba COULIBALY, Assistante en Nutrition à la Faculté de pharmacie, Université des sciences, des techniques et technologies de Bamako. BP : 1805, Bamako, Mali.

Email : djenebacoulibaly.aya@gmail.com

Téléphone : +223 76 06 10 98 et +223 63 09 01 48

N° ORCID : 0000-0003-2938-8021

DOI : 10.53318/msp.v12i01.2416

Résumé

Dans l'optique de trouver une solution endogène à la malnutrition, le *Moringa Oleifera* surnommé également « arbre de la vie » a été identifié comme piste de solution. C'est un arbre tropical à croissance rapide qui est utilisé par les populations pour ses vertus nutritionnelles et médicinales. Le but de cette étude est la caractérisation biochimique et nutritionnelle des feuilles de *Moringa* de quatre communes du District de Bamako. Un sondage aléatoire simple a été réalisé pour le choix des sites d'étude. Des échantillons de feuilles fraîches de *Moringa* ont été prélevés dans chaque commune pour déterminer l'énergie, les macronutriments et certains éléments minéraux. Les feuilles fraîches contenaient plus d'énergie (4117 kcal/kg) que les feuilles séchées (4065 kcal/kg). Les taux de matières grasses, de protéines et de cellulose étaient plus élevés dans les feuilles fraîches (8,0%, 25,0% et 12,9%) que dans les feuilles séchées (7,5%, 24,2% et 9,0%). Les teneurs en sodium, magnésium, fer et vitamine A étaient par contre plus fournies dans les feuilles séchées. La localité a eu une influence sur la teneur des feuilles de *Moringa* en Sodium. Les feuilles récoltées (fraîches ou séchées) en commune VI étaient plus riches en calcium, fer et vitamine A que celles récoltées dans les autres communes. Les constituants chimiques présents dans les extraits de feuilles de

Moringa étaient les tanins et les flavonoïdes. La consommation des feuilles de *Moringa Oleifera* fraîches ou séchées pourraient contribuer à la prévention de la malnutrition dans les pays en voie de développement.

Mots clés : *Moringa Oleifera*, composition biochimique, nutritionnelle, communes, Bamako.

Abstract

With a view to finding an endogenous solution to malnutrition, *Moringa Oleifera*, also nicknamed "tree of life", has been identified as a possible solution. It is a fast-growing tropical tree that is used by people for its nutritional and medicinal properties. The aim of this study is the biochemical and nutritional characterization of *Moringa* leaves from four communes in the District of Bamako. A simple random survey was carried out for the choice of study sites. Samples of fresh *Moringa* leaves were taken from each commune to determine energy, macronutrients and certain mineral elements. Fresh leaves contained more energy (4117 kcal/kg) than dried leaves (4065 kcal/kg). Fat, protein and cellulose levels were higher in fresh leaves (8.0%, 25.0% and 12.9%) than in dried leaves (7.5%, 24.2% and 9.0%). The contents of sodium, magnesium, iron and vitamin A were on the other hand more provided in the dried leaves. The locality had an influence on the content of *Moringa* leaves in Sodium. The leaves harvested (fresh or dried) in commune VI

were richer in calcium, iron and vitamin A than those harvested in the other communes. The chemical constituents present in Moringa leaf extracts were tannins and flavonoids. The consumption of fresh or dried Moringa Oleifera leaves could contribute to the prevention of malnutrition in developing countries.

Keywords: Moringa Oleifera, biochemical composition, nutritional, municipalities, Bamako.

Introduction

La malnutrition qu'elle soit liée à une carence en macronutriments ou en vitamine et minéraux, et ou associée aux maladies infectieuses, continue à faire des ravages dans les pays en développement (1–4). Les enfants de moins de 5 ans et les femmes sont les plus touchés (3). Une personne sur neuf dans le monde souffre de la faim, et une sur trois est en surpoids ou obèse (5). Selon l'enquête SMART 2020 du Mali, 7,2% des enfants souffrent d'émaciation, 23,9% de retard de croissance et 15,4% d'insuffisance pondérale (6). Parmi les principaux déterminants de la malnutrition chronique, la persistance de pratiques d'alimentation inadéquates des jeunes enfants et l'alimentation de complément peu diversifiée (3) peuvent être citées. Et pourtant, nos populations disposent de ressources alimentaires forestières qui sont souvent ignorées, parmi ces ressources existent les légumes-feuilles, qui sont de nos jours consommés partout dans le monde. Ils améliorent la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires en raison de leurs compositions chimiques et de leurs propriétés médicinales. Ils constituent une importante source de vitamines (Vitamine A, Beta carotène, acide ascorbique, et riboflavine), de protéines et de minéraux tels que le fer et le calcium. Malheureusement, ces ressources végétales deviennent de plus en plus rares du fait de la très forte pression anthropique. Ils ne sont donc pas disponibles en permanence. Parmi ces ressources forestières, le *Moringa Oleifera* (Lam.) dont les feuilles sont utilisées dans l'alimentation humaine (2,7,8) est d'une importance capitale à cause de ses vertus nutritionnelles et médicinales.

Le Moringa Oleifera appartenant à la famille des Moringacées est un remède efficace contre la malnutrition, à cause de la composition

nutritionnelle de ces différentes parties (9). Il appartient au genre Moringaceae avec 14 espèces connues, mais c'est *M. Oleifera* qui est la plus largement connue et utilisée. Moringa Oleifera est un arbre à croissance rapide et esthétique. L'espèce est caractérisée par ses longues gousses en forme de pilon qui contiennent des graines au cours de la première année de croissance (10–12).

Les feuilles de Moringa sont particulièrement riches en tocophérols, β -carotène, protéines, vitamines, minéraux et acides aminés essentiels contenant du soufre, rarement présents dans les régimes alimentaires (7,9,12–16). Elles peuvent être consommées fraîches, cuites ou conservées sous forme de poudre séchée pendant plusieurs mois sans réfrigération, et apparemment sans perte de valeur nutritionnelle (8,12).

Des études antérieures ont montré l'efficacité des feuilles de Moringa dans la lutte contre la malnutrition (17,18). D'autres ont déterminé les teneurs des feuilles de Moringa en minéraux et la biodisponibilité de ses nutriments (7,8,19,20). Cependant, il existe une variabilité de la composition en nutriments des feuilles selon la zone de récolte, le fond génétique, l'environnement et les méthodes de culture (21,22). C'est dans ce contexte que la présente étude vise à déterminer la composition chimique et nutritionnelle des feuilles de Moringa cultivées au Mali et la variabilité de sa composition selon les zones de culture.

Matériels et méthode

Zones d'étude

Le district de Bamako a constitué la zone de l'étude. Bamako est la capitale et la plus grande ville du Mali. Elle est située sur les rives du fleuve Niger encore appelé *le Djoliba* ou fleuve du sang en langue mandingue. La ville de Bamako est située dans une cuvette entourée de collines. Elle occupe la frange correspondant à la zone de la Savane soudanienne occidentale. Elle bénéficie de ce fait d'un climat tropical assez humide avec un total des précipitations annuelles de 878 millimètres mais avec une saison sèche d'Octobre à Mai et une saison des pluies de Juin à Septembre bien marquées (23). Le mois le plus sec ne reçoit pas la moindre goutte de pluie (précipitations égales à 0 mm en décembre) tandis que le mois le plus pluvieux est bien arrosé (précipitations

égales à 234 mm en août) (23). Bamako est subdivisé en six communes (Commune I, II, III, IV, V et VI) qui correspondent au plan sanitaire à des districts sanitaires ou centres de santé de référence.

Le choix des quatre communes (I, III, IV et VI) a été fait de façon aléatoire sur les 6 communes du district de Bamako. La valeur nutritionnelle du Moringa en provenance de ces 4 communes a été étudiée. Dans la commune I, l'échantillon a été prélevé à Sotuba ; dans la commune III, le prélèvement a été fait dans un champs à Railda. Pour la commune IV, le prélèvement a été effectué à Sébénikoro et pour la commune VI l'échantillon a été prélevé à Niamana.

Matériel végétal

Il était constitué de feuilles fraîches de Moringa mûres qui ont été prélevées dans des champs de Moringa des quatre communes décrites ci-dessus.

Méthodologie

Préparation des échantillons

Deux échantillons de 100g ont été préparés pour chaque zone de prélèvement, un échantillon de feuilles fraîches et un échantillon de poudre de feuilles séchées. Ainsi 8 échantillons ont été constitués pour chaque laboratoire d'analyse.

Préparation des échantillons de feuilles fraîches

Les feuilles fraîches de Moringa récoltées ont été triées pour enlever les feuilles décolorées et/ou endommagées. Les feuilles choisies ont été lavées et conditionnées à raison de 100g par échantillon dans des sachets plastiques étiquetés, puis gardés au frais avant l'analyse. Des glacières ont été utilisées pour le transport des échantillons vers les laboratoires d'analyse.

Procédé d'obtention de la poudre des feuilles de Moringa

Les feuilles fraîches ont été séchées à l'ombre à l'air libre pendant 3 à 5 jours pour s'assurer qu'elles conservent leur aspect (coloration verte) et valeurs nutritionnelles. Les feuilles séchées ont été réduites en poudre à l'aide d'un moulin à marteau, tamisées à travers un tamis de 1 mm de diamètre, pesées, emballées dans des sachets plastique à raison de 100g par sachet et étiquetés. Les échantillons emballés

et étiquetés ont été transportés directement aux laboratoires dans des glacières.

Lieu des analyses

Les analyses biochimiques et nutritionnelles (matière sèche, cellulose, matière grasse, énergie, protéine, calcium, phosphore, sodium, magnésium, fer, zinc et sélénium) ont été effectuées aux laboratoires de nutrition animale (LABONA) et de sol-eau-plante de l'Institut d'Economie Rurale (IER). La vitamine A a été déterminée au laboratoire privé Proslab. La détermination de constituants chimiques et anti radicalaires a été réalisée par le laboratoire du Département de Médecine Traditionnelle (DMT) de l'Institut National de Santé Publique (INSP).

Procédures d'analyse

La composition approximative des feuilles de Moringa en nutriments a été déterminée selon la méthode AOAC standard.

• Détermination de la matière sèche

L'analyse de la matière sèche (MS) consiste à sécher l'échantillon dans une étuve à 105°C pendant 4 heures. Après les 4 heures de temps, la teneur en matière sèche est calculée avec la formule suivante (24):

$$\%MS = \frac{(P2 - P1) * 100}{2}$$

P1 : le poids du creuset vide, P2 : le poids du creuset après séchage, 2 : la prise d'essai

Détermination de l'énergie brute

Le principe consiste à faire brûler l'échantillon dans une bombe calorimétrique en présence d'oxygène. Après explosion, la quantité de chaleur ou d'énergie contenue dans l'échantillon est directement lue sur l'écran (25).

Détermination de la teneur en Protéines brutes

L'azote total a été analysé à l'aide de la méthode automatisée de Kjeldahl (26), qui consiste à déterminer la teneur de l'azote contenu dans un échantillon par minéralisation. La protéine a été calculée en utilisant le facteur de conversion de l'azote en protéines de 6,25 (27).

Détermination de la teneur en matières grasses

La teneur totale en matières grasses a été analysée à l'aide d'acide hydrolyse (méthode AOAC 14.019) (28).

Détermination de la teneur en celluloses

La méthode de Prosky (AOAC 985.29) a été utilisée. Elle consiste à déterminer la matière organique de l'échantillon exempt de la matière grasse et insoluble en milieu acide et en milieu basique (29).

Détermination des teneurs en Phosphore et autres minéraux

La teneur en phosphore total est déterminée après une minéralisation à 150°C pendant 2h comme décrite par Novozamsky et al. (1996). Les échantillons sont ensuite transférés dans l'auto-analyseur pour l'analyse du phosphore total. Le minéralisât est gardé pour déterminer les autres éléments (Ca, Mg, K, Na, Mn, Cu, Fe, Zn) sur l'Auto Analyseur Skalar AAS (30).

- **Détermination de la Vitamine A**

La teneur en Vitamine A et les caroténoïdes a été déterminée par chromatographie liquide à haute performance (CLHP) décrite par la norme Européenne NF EN 122823-2 de Janvier 2001. Le principe a consisté à doser la somme des isomères de β carotène dans une solution d'échantillon appropriée par chromatographie liquide à haute performance et détection spectrométrique dans le spectre visible (31).

- **Détermination de constituants chimiques et anti radicalaires**

Les constituants chimiques et anti radicalaires des extraits ont été évalués par chromatographie sur couche mince dans les systèmes solvants appropriés. Pour révéler des substances poly phénoliques la solution de chlorure ferrique a été utilisée selon la méthode décrite par Haïdara et al, 2020. Les constituants anti radicalaires des extraits ont été évalués en utilisant le test de réduction du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) selon la méthode décrite par Zongo et al., 2010, avec des modifications (32,33).

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été saisies sur Excel 2016 et analysées avec le logiciel SPSS version 25. La moyenne et l'écart type de tous les éléments analysés ont été calculés. Le test de comparaison de moyenne ANOVA à un facteur avec un niveau de significativité fixé à moins de 0,05 a été utilisé pour comparer les données des différentes zones. La comparaison multiple avec le test de LSD a été réalisée lorsque le p-

value était significatif c'est-à-dire inférieur à 0,05 avec le test de ANOVA.

Résultats

Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa en Macronutriments

Les résultats de l'étude ont montré que les feuilles de Moringa étaient très énergétiques. Les feuilles fraîches contenaient en moyenne 4117 ± 259 kcal/kg. Les feuilles fraîches de la commune IV étaient plus énergétiques (4281 kcal/kg) que celles de la commune VI (3730 kcal/kg) (tableau 1). Par contre, les feuilles séchées contenaient en moyenne 4065 ± 89 kcal/kg avec des extrêmes allant de 3960 kcal/kg en commune I à 4153 kcal/kg en commune III (Tableau 2). Les teneurs moyennes des feuilles fraîches en matière grasse et protéine étaient respectivement de $8,0 \pm 1,6$ % et $25,0 \pm 0,8$ % (Tableau 1) et celles des feuilles séchées étaient respectivement de $7,5 \pm 2,0$ % et $24,2 \pm 3,0$ % (Tableau 2). Les feuilles de Moringa de la commune VI, qu'elles soient fraîches ou séchées contenaient les teneurs les plus élevés en protéines.

Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa en micronutriments

Le Tableau 3 montrait la composition en micronutriments des feuilles fraîches de Moringa des 4 communes du district de Bamako. Les feuilles fraîches de la commune VI contenaient les teneurs les plus élevés en calcium, fer et sélénium ; celles de la commune III en phosphore et sodium et celles de la commune I en zinc. La teneur moyenne des feuilles fraîches était de $1,37 \pm 0,3$ % de calcium, $0,35 \pm 0,05$ % de phosphore, $0,96 \pm 0,15$ % de sodium, $0,30 \pm 0,04$ % de magnésium, $135,75 \pm 33,19$ ppm de fer et $2,60 \pm 1,46$ ppm de zinc. La teneur en Vitamine A dans les feuilles fraîches variait de $225,72$ UI/100g dans la commune VI à $1646,35$ UI/100g dans celles de la commune I.

Le Tableau 4 donnait la composition en micronutriments des feuilles séchées de Moringa des 4 communes du district de Bamako. Les feuilles séchées de la commune VI contenaient les teneurs les plus élevés en calcium, phosphore, fer et zinc. La teneur moyenne était de $1,15 \pm 0,26$ % pour le calcium, $1,00 \pm 0,16$ % pour le sodium, $375,75 \pm 103,62$

ppm pour le fer et $13,82 \pm 1,37$ ppm pour le zinc. En moyenne, la teneur en Vitamine A était de $681,79 \pm 348,86$ UI/100g et variait de 306,18 UI/100g dans les feuilles de la commune VI à 1121,39 UI/100g dans celles de la commune I. En somme, les feuilles de Moringa de la commune VI fraîches ou séchées étaient les plus riches en calcium, fer, vitamine A. Les teneurs en micronutriment variaient dans les feuilles des 4 communes à l'exception de celle du Sodium qui était significativement différente dans les 4 communes selon le test de LSD de ANOVA.

Constituants chimiques et anti radicalaires

Les principaux constituants chimiques retrouvés dans les extraits des feuilles de Moringa sont les tanins et les flavonoïdes. Les colorations noirâtres observées après révélation des chromatogrammes avec le FeCl_3 10% pourraient être dues à la présence des polyphénols notamment des tanins et des flavonoïdes.

La richesse des extraits des feuilles de Moringa en constituants anti radicalaires pourrait expliquer la présence d'un grand nombre de tâches de couleur jaune révélée avec le Diphényl Picryl Hydrazyle (DPPH). Les constituants anti-radicalaires des feuilles de *Moringa oleifera*, pourraient contribuer à combattre le stress oxydatif associé à la malnutrition.

Discussion

La composition biochimique et nutritionnelle des feuilles de Moringa dans les 4 communes du district de Bamako a montré que les feuilles fraîches de Moringa étaient très énergétiques avec une moyenne de 4117 ± 259 kcal/kg d'énergie. Ce résultat diffère de ceux obtenus par Yameogo et al. en 2011 au Burkina Faso et de Gopalakrishnan et al. en 2016 en Inde, qui donnent respectivement 866 Kcal/Kg et 920 cal/Kg dans les feuilles fraîches (9,20).

La teneur en matière sèche était plus élevée dans les feuilles fraîches de la commune I (21,5%) et plus faible dans celles de la commune VI (15,8%). Une étude menée dans deux zones agro écologiques différentes du Ghana par Oduro et al., en 2008, trouve différentes teneurs de matière sèche dans les feuilles de Moringa des deux zones entre 28,66% et 30,92 % (13).

En moyenne les teneurs en matière grasse, celluloses et protéines étaient respectivement de 8,0%, 12,9% et 25,0%. Ces teneurs étaient supérieures à celles trouvées par Yameogo et al., (2011) au Burkina Faso (1,1% ; 3,4% et 11,9%) et Gopalakrishnan et al., (2016) en Inde (1,7% ; 0,9% et 6,7%) (9,20).

La teneur moyenne des feuilles fraîches de Moringa en micronutriments était de 1,37% pour le calcium, 0,96% pour le sodium, 135,75 ppm pour le fer et 2,60 ppm pour le zinc. Différents résultats sont obtenus au Burkina Faso par Yameogo et al., en 2011 (0,84 g/100g de calcium, 0,02 g/100g, de sodium, 175mg/kg de fer et 13mg/kg de zinc) et en Inde par Gopalakrishnan et al., en 2016 (0,44 g/100g de calcium et 85 mg/kg de fer) (9,20). Selon Yang et al., (2006), la saison de récolte et le stade de maturation des feuilles ont une forte influence sur les teneurs en nutriments des feuilles de Moringa. C'est pendant la saison chaude et humide que l'on trouve les plus fortes teneurs en protéines, vitamine A et glucosinates, ainsi que la plus forte activité antioxydante ; alors que la saison fraîche et sèche est plus favorable pour le fer, la vitamine C et les composés phénoliques (2).

La teneur en Vitamine A était en moyenne de 517,13 UI/100g (0,517 mg/100g). Yang et al trouvent en 2006 une teneur en Beta carotène de 13,9 mg/100g (2) dans quelle localité ?. Le bêta-carotène est le précurseur le plus puissant de la vitamine A, les feuilles de Moringa riches en bêta-carotène peuvent ainsi être une source importante de vitamine A.

Les teneurs en macro et micronutriments dans les feuilles de Moringa différaient selon que les feuilles soient fraîches ou séchées. Les teneurs en macro nutriments (Matière grasse, celluloses et protéines) étaient plus élevées dans les feuilles fraîches que les feuilles séchées. Pour la majorité des micronutriments (minéraux et vitamines) les teneurs étaient plus élevées dans les feuilles séchées. Certains auteurs ont rapporté que la poudre obtenue à partir des feuilles sèches de *M. Oleifera* a une concentration en nutriments plus élevée que celle des feuilles fraîches (3,21). Ceci pourrait être l'une des raisons de l'utilisation de la poudre de Moringa comme complément

alimentaire par les populations rurales dans le cadre de la lutte contre la malnutrition.

La valeur énergétique moyenne dans les feuilles séchées était de 4065 kcal/kg. Elle variait de 3960 kcal/kg dans les feuilles séchées de la commune I à 4153 kcal/kg en commune III. Cette valeur était supérieure à celles rapportées par Amabay et al. en Ethiopie en 2015 et Ogbe et al au Nigeria en 2011, qui sont respectivement 3662 kcal et 1440 kcal (19,34). La teneur moyenne en matière grasse des feuilles séchées de 7,48% était proche de celle trouvée dans les feuilles de Moringa de l'Egypte (7,76%) mais inférieure aux teneurs des feuilles du Burkina, d'Ethiopie et de l'île des Caraïbes qui sont respectivement de 17,1%, 10,31% et 12,4% (11,16,20,22). En moyenne on avait 9,02% de celluloses dans les feuilles séchées, des teneurs plus élevées sont trouvées dans les feuilles du Ghana (19,25%) et dans les feuilles de Thailand (19,91%) (13,35).

La teneur en protéines était de 24,2%, les feuilles de l'Afrique du Sud, de Namibie et de Bangladesh ont des teneurs plus élevées en protéines (30,3% ; 30,98% et 31,64%), pendant que celles de l'Egypte, d'Ethiopie et du Nigeria avaient des teneurs inférieures en protéines (9,38% ; 10,71% et 17,01%) (7,14,16,19,22,36).

On retrouvait en moyenne 1,15% de calcium, 1,00% de sodium, 375,75 ppm de fer et 13,82 ppm de zinc dans les feuilles séchées. Des teneurs plus élevées sont trouvées dans les feuilles de Moringa de l'Afrique du Sud, d'Ethiopie, du Burkina Faso et de l'île des Caraïbes (11,16,20,36). Cependant on trouvait des teneurs plus faibles dans les feuilles de l'Egypte, de Namibie et du Nigeria (7,19,22). Ces différences pourraient s'expliquer par le fait que le génotype, les facteurs environnementaux, les traitements post-récolte et les différentes façons de préparer les feuilles sont susceptibles d'affecter les qualités nutritionnelles et fonctionnelles du Moringa (2,19). D'autres études ont démontré que les facteurs génétiques, environnementaux et agronomiques tels que la température, les précipitations et l'accès à l'eau, l'utilisation d'engrais et la teneur en éléments nutritifs du sol peuvent affecter de manière significative les teneurs en minéraux des céréales (37–40).

Ainsi, pour un même aliment, les teneurs en nutriments peuvent être différentes entre et au sein des variétés (41).

La teneur moyenne en Vitamine A était de 681,79 UI/100g (0,68 mg/100g), cette teneur était plus faible que celle rapportée par Moyo et al. en Afrique du Sud et de celle de Fejer et al. en 2019 aux Caraïbes qui sont respectivement de 18,5 mg/ 100g et 1,22 mg/ 100g (11,36).

Comparaison de la composition biochimique des feuilles de Moringa des 4 communes

Les résultats ont montré que les teneurs des éléments nutritifs ne variaient pas significativement selon la zone sauf pour le sodium. Des résultats similaires sont rapportés par Korsor et al. en 2017 en comparant les compositions biochimiques de *M. oleifera* de quatre régions d'Afrique subsaharienne Namibie, Tchad, Ethiopie et Nigeria (7). Cette étude conclue que les légères différences dans la composition minérale pourraient être attribuées aux compositions des sols et des éléments nutritifs sur les sites de production. Une autre étude menée au Ghana par Asante et al. en 2013 dans deux zones agro écologiques différentes du Ghana révèle une différence significative dans la teneur en calcium et Iode (21). D'autre part Mikore et al. en 2017 trouvent qu'il y avait une différence significative dans la teneur en Potassium, en Magnésium et en Cuivre dans les feuilles de *M. Oleifera* cultivées dans deux zones agro-écologiques en Ethiopie (8). Ce qui signifie que l'emplacement pourrait avoir un impact sur la composition en micronutriments des feuilles de Moringa.

Constituants chimiques et anti radicalaires

Les constituants chimiques des extraits de feuilles de Moringa étaient des tanins et des flavonoïdes. Les extraits des feuilles de Moringa sont donc riches en constituants anti radicalaires, qui peuvent contribuer à combattre le stress oxydatif associé à la malnutrition. Des résultats similaires sont trouvés par plusieurs auteurs avec des teneurs phénolique et flavonoïde qui variaient de 1,4% à 28% (7,11,22,42–44).

Une étude menée par Chodur et al. en 2018 en Inde sur la composition et le potentiel antioxydant du Moringa domestique et sauvage montre que les plantes domestiquées ont une

activité antioxydante significativement plus élevée variant en moyenne entre 0,004 à 0,054 équivalents Trolox (TE) / mg de poids sec (43). Il a également rapporté que ces phénols ont de multiples effets biologiques bénéfiques qui incluent activité antioxydante, action anti-inflammatoire, inhibition d'agrégation plaquettaire, activités antimicrobiennes et antitumorales (36).

Les résultats de notre étude ont montré que les feuilles de Moringa étaient riches en énergie, en protéines, en vitamine A et en minéraux tels que le fer, le calcium, le zinc et le Sélénium. Ainsi les feuilles de Moringa peuvent être utilisées dans la nutrition humaine notamment dans la prévention et le traitement des carences en énergie et nutriments. Cependant les limites de cette étude étaient que nous n'avions pas pu analyser la qualité des sols des 4 communes sur lesquels les feuilles de Moringa étaient prélevées. De même, les composantes comme les acides aminés et les acides gras n'avaient pas pu être analysés pour des raisons d'ordre budgétaires. Pour les mêmes contraintes budgétaires, la détermination des constituants chimique et anti radicalaires comme les tanins et les flavonoïdes n'a pas pu être approfondie.

Conclusion

Une nutrition adéquate est fondamentale pour un bien-être et une productivité humaine optimale. La diversification de l'alimentation en utilisant des cultures / arbres sous-utilisés, tels que Moringa est l'une des stratégies alternatives pour lutter contre certaines carences nutritionnelles. L'étude a montré que les feuilles de Moringa fraîches ou séchées des 4 communes étudiées contiennent des quantités importantes de macro et micro nutriments. Les feuilles séchées se sont avérées être plus riches en micronutriments pendant que les feuilles fraîches étaient plus riches en macronutriments. Par contre, l'étude n'a pas trouvé de différence significative par rapport à la localité de culture. Les feuilles de Moringa, fraîches ou séchées pourraient être donc recommandées pour leur utilisation dans l'alimentation humaine dans le but de renforcer l'état nutritionnelle des populations en particulier les enfants et les femmes. Des études ultérieures et complémentaires sur le Moringa cultivé pourraient être menées pour analyser la composition du sol de culture et faire

des déterminations approfondies des teneurs des différents constituants anti radicalaires.

Remerciements

Nous remercions le Programme de Formation des Formateurs (PFF) du rectorat de Bamako et l'Institut National de Santé Publique pour avoir financé cette recherche.

Nos remerciements vont à l'endroit des techniciens du Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA) de l'Institut d'Economie Rurale (IER) pour l'appui technique dans le traitement, la confection et la préparation des échantillons de feuilles de Moringa et le Département de Médecine Traditionnelle pour la détermination des composés anti radicalaires dans le cadre institutionnel de la recherche.

Références

1. Olson ME, Sankaran RP, Fahey JW, Grusak MA, Odee D, Nouman W. Leaf Protein and Mineral Concentrations across the "Miracle Tree" Genus Moringa. Aroca R, éditeur. PLOS ONE. 26 juill 2016;11(7):e0159782.
2. Yang RY, Chang LC, Hsu JC, Weng BBC, Palada C, Chadha ML, et al. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa – Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé. 2006;9.
3. Houndji B, Ouetchehou R, Londji S, Eamouzou K, Yehouenou B, Ahohuendo C. Caractérisations microbiologiques et physico-chimiques de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam.), un légume feuille traditionnel au Bénin. Int J Biol Chem Sci. 9 juill 2013;7(1):75.
4. Dhakar RC, Maurya SD, Pooniya BK, Bairwa N, Gupta M. Moringa: The herbal gold to combat malnutrition. Moringa Herb Gold Combat Malnutrition. 2011;
5. Anonyme. Rapport sur la nutrition mondiale [Internet]. 2020. Disponible sur: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi8-NPNn4T1AhUTnBQKHx3LBjMQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fglobalnutritionreport.org%2Fdocuments%2F582%2F2020GNR_ExecSum_FR.pdf&usg=AOvVaw07MbEniBNiYwCwhoLKHau9
6. (DGSHP /SDN),. Rapport final de l'Enquête Nutritionnelle anthropométrique et de mortalité rétrospective en Décembre 2020 10E Edition au MALI. 2021.

7. Korsor M, Ntahonshikira C, Bello HM, Kwaambwa HM. Comparative proximate and mineral composition of *Moringa oleifera* and *Moringa ovalifolia* grown in Central Namibia. *Sustain Agric Res*. 2017;6(526-2017-2691).
8. Debebe M, Eyobel M. Determination of proximate and mineral compositions of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* leaves cultivated in Arbaminch Zuria and Konso, Ethiopia. *Afr J Biotechnol*. 12 avr 2017;16(15):808-18.
9. Gopalakrishnan L, Doriya K, Kumar DS. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Sci Hum Wellness*. 1 juin 2016;5(2):49-56.
10. Olagbemide PT, Alikwe CN. Proximate Analysis and Chemical Composition of Raw and Defatted *Moringa oleifera* Kernel. 2014;9.
11. Fejér J, Kron I, Pellizzeri V, Pfučtová M, Eliašová A, Campone L, et al. First Report on Evaluation of Basic Nutritional and Antioxidant Properties of *Moringa Oleifera* Lam. from Caribbean Island of Saint Lucia. *Plants*. 23 nov 2019;8(12):537.
12. Fahey JW. *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees Life J*. 2005;1(5):1-15.
13. Oduro I, Ellis WO, Owusu D. Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. *Sci Res Essays*. 2008;4.
14. Farzana T, Mohajan S, Saha T, Hossain MdN, Haque MdZ. Formulation and nutritional evaluation of a healthy vegetable soup powder supplemented with soy flour, mushroom, and moringa leaf. *Food Sci Nutr*. juill 2017;5(4):911-20.
15. Asiedu-Gyekye IJ, Frimpong-Manso S, Awortwe C, Antwi DA, Nyarko AK. Micro- and Macroelemental Composition and Safety Evaluation of the Nutraceutical *Moringa oleifera* Leaves. *J Toxicol*. 2014;2014:1-13.
16. Amabye TG, Gebrehiwot K. Chemical compositions and nutritional value of *Moringa oleifera* available in the market of Mekelle. *J Food Nutr Sci*. 2015;3(5):187-90.
17. Dr Armelle de Saint Sauveur ; Dr Mélanie Broin. L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. 2006.
18. Rakotosamimanana VR. Etude des pratiques et croyances alimentaires pour comprendre la malnutrition à Madagascar: intérêt de l'introduction de feuilles de *Moringa oleifera*. 2014;207.
19. Ogbe, A.O. and John P. Affiku. Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa Oleifera* leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. 2011;13.
20. Yaméogo CW, Bengaly MD, Savadogo A, Nikiema PA, Traore SA. Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pak J Nutr*. 2011;10(3):264-8.
21. Asante WJ, Nasare IL, Tom-Dery D, Ochire-Boadu K, Kentil KB. Nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves from two agro ecological zones in Ghana. *Afr J Plant Sci*. 2014;8(1):65-71.
22. Sohaimy SAE, Hamad GM, Mohamed SE, Amar MH, Al-Hindi RR. Biochemical and functional properties of *Moringa oleifera* leaves and their potential as a functional food. 2015;12.
23. Wikipédia. Bamako. In: Wikipédia [Internet]. 2022 [cité 26 janv 2022]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Bamako&oldid=189988867>
24. Analysis of Nutrients in Food (Food Science & Technological Monograph) by Osborne, D.R. & Voogt, P.: Good (1978) | Anybook Ltd. [Internet]. [cité 11 juin 2022]. Disponible sur: <https://www.abebooks.co.uk/9780125291507/Analysis-Nutrients-Food-Science-Technological-0125291507/plp>
25. IER, LABONA/CRRA. Méthode d'analyses des plantes et autres aliments des animaux. 1988.
26. Hambleton LG, Noel RJ. Protein Analysis of Feeds, Using a Block Digestor. *J Assoc Off Anal Chem*. 1 janv 1975;58(1):143-5.
27. Jones DB (David B. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. 1931;22; 23 cm.-USDA.

28. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 12th edition. edited by William Horwitz. Association of official analytical chemists, p.o. box 540, Benjamin Franklin station, Washington, DC 20044, 1975 18.5 × 27 cm. 1094 pp. Price \$40.00 (domestic); \$41.00 (foreign). *J Pharm Sci.* 1976;65(1):162-162.
29. Bar-L'Helgouac'H C, Barron C, Saulnier L. Comparaison des méthodes AOAC 985.29, 2001.03 et 2009.01 pour le dosage des fibres alimentaires dans les produits céréaliers à base de blé. *Ind Cérééal.* 2013;185:13-20.
30. Novozamsky I, van Eck R, Houba VJG, van der Lee JJ. Solubilization of plant tissue with nitric acid-hydrofluoric acid-hydrogen peroxide in a closed-system microwave digester. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 1 févr 1996;27(3-4):867-75.
31. AFNOR. Dosage de la vitamine A par chromatographie liquide haute performance. AFNOR; 2001.
32. Mahamane H, Ardine AC, Ben Adam MA, Mamadou G, Mahamadou T, Rokia S. Enquête Ethnobotanique Des Plantes Utilisées Pour La Protection Cutanée Des Personnes Atteintes D'albinisme Dans Le District De Bamako (Mali) Et Analyse Qualitative De *Bixa Orellana* L. (Bixaceae). *Eur Sci J ESJ* [Internet]. 30 avr 2020 [cité 9 mars 2022];16(12). Disponible sur: <http://ejournal.org/index.php/esj/article/view/12835>
33. Zongo C, Savadogo A, Ouattara L, Bassole IHN, Ouattara CAT, Ouattara AS, et al. Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of *Ampelocissus grantii*(Baker) Planch.(Vitaceae): a medicinal plant from Burkina Faso. *Int J Pharmacol.* 2010;6(6):880-7.
34. Amabye TG, Gebrehiwot K. Chemical compositions and nutritional value of *Moringa oleifera* available in the market of Mekelle. *J Food Nutr Sci.* 2015;3(5):187-90.
35. Jongrungruangchok S, Bunrathep S, Songsak T. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Thailand. *J Health Res.* 2010;24(3):123-7.
36. Moyo B, Masika PJ, Hugo A, Muchenje V. Nutritional characterization of *Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr J Biotechnol.* 2011;10(60):12925-33.
37. Bänziger M, Long J. The Potential for Increasing the Iron and Zinc Density of Maize through Plant-breeding. *Food Nutr Bull.* 1 janv 2000;21(4):397-400.
38. Barikmo I, Ouattara F, Oshaug A. Protein, carbohydrate and fibre in cereals from Mali—how to fit the results in a food composition table and database. *J Food Compos Anal.* 1 juin 2004;17(3):291-300.
39. Greenfield H, Southgate DAT. *Food Composition Data: Production, Management, and Use.* Food & Agriculture Org.; 2003. 308 p.
40. A. P. Polycarpe Kayodé †, Anita R. Linnemann §, Joseph D. Hounhouigan †, Martinus J. R. Nout *, Boekel§ MAJS van. Genetic and Environmental Impact on Iron, Zinc, and Phytate in Food Sorghum Grown in Benin [Internet]. ACS Publications. American Chemical Society; 2005 [cité 12 juin 2022]. Disponible sur: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf0521404>
41. Toledo Á, Burlingame B. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. *J Food Compos Anal.* 1 sept 2006;19(6):477-83.
42. Starzak K, Creaven B, Matwijczuk A, Matwijczuk A, Karcz D. Anti-Hypochlorite and Catalytic Activity of Commercially Available *Moringa oleifera* Diet Supplement. *Molecules.* 12 sept 2019;24(18):3330.
43. Chodur GM, Olson ME, Wade KL, Stephenson KK, Nouman W, Garima, et al. Wild and domesticated *Moringa oleifera* differ in taste, glucosinolate composition, and antioxidant potential, but not myrosinase activity or protein content. *Sci Rep.* déc 2018;8(1):7995.
44. Islam Z, Islam SMR, Hossen F, Mahtab-ul-Islam K, Hasan MdR, Karim R. *Moringa oleifera* is a Prominent Source of Nutrients with Potential Health Benefits. Yan ZF, éditeur. *Int J Food Sci.* 10 août 2021;2021:1-11.